

Technical Paper

Pengembangan Model Pendugaan Kadar Hara Tanah Melalui Pengukuran Daya Hantar Listrik Tanah

Model Development for Estimating Soil Nutrient Levels Using Soil Electrical Conductivity Measurement

Hasbi Mubarak Suud, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor,
Email: hasbi.mubarak@gmail.com

M. Faiz Syuaib, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor

I Wayan Astika, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor

Abstract

The key of precision farming is the right decision in terms of time, quality, quantity, and specific location in the farming activities. Soil electrical conductivity (EC) is a variable that is both practical and efficient to implement precision farming. Several methods of EC measurement for precision farming have been developed and applied in precision farming, but inaccuracy on the interpretation of measurement result frequently encountered due to complexity of soil conditions and various geospatial condition. This paper presents a study on EC interpretation by focusing on interaction between moisture content, soil density, and soil N, P, K ratio which affect soil EC measurement. Soil samples of various levels of water, compaction, and N, P, K ratio are measured using a soil box resistivity. The levels of moisture contents were divided into low moisture content that have moisture content less than 20% and high moisture content that have moisture content more than 20%, while the levels of soil compaction were divided into high density condition and low density condition. Regression equations for N, P, and K ratio prediction have been generated and the coefficient of determination (R^2) were obtained ranging between 0.6 and 0.89 for low moisture content and 0.81 and 0.95 for high moisture content.

Keywords: soil electrical conductivity, nutrient level, EC measurement

Abstrak

Kegiatan pertanian presisi menitikberatkan pada ketepatan waktu, kualitas, kuantitas, dan spesifik lokasi pada kegiatan usaha pertanian. Nilai daya hantar listrik tanah (EC) dapat digunakan sebagai variabel pendugaan kondisi tanah yang praktis dan efisien dalam aplikasi pertanian presisi. Beberapa metode pengukuran EC tanah telah banyak dibuat dan dikembangkan dalam lingkup pertanian presisi namun hasil pengukurannya masih sulit diinterpretasi untuk menjelaskan kondisi suatu lahan diakibatkan sifat tanah yang kompleks dan kondisi geospasial lahan yang bervariasi. Penelitian ini menitikberatkan pada studi pengaruh berbagai tingkat kadar air, kepadatan tanah, dan rasio kadar hara N, P, dan K terhadap hasil pengukuran nilai EC. Sampel tanah dengan berbagai tingkat kepadatan tanah, kadar air, dan kadar hara potensial N, P, K diukur nilai EC nya menggunakan kotak ukur resistivitas tanah. Kadar air sampel tanah dibagi dalam dua tingkat yaitu tingkat kadar air tinggi dengan kisaran kadar air lebih dari 20% dan pada tingkat kadar air rendah dengan kisaran kadar air kurang dari 20%. Tingkat kepadatan tanah dibagi dalam dua level yaitu tingkat kepadatan tinggi dan tingkat kepadatan rendah. Koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan dari persamaan regresi pendugaan kadar N, P, dan K cukup baik yaitu antara 0.6 hingga 0.89 pada tingkat kadar air rendah dan 0.81 hingga 0.95 pada tingkat kadar air tinggi.

Kata kunci: daya hantar listrik tanah, kadar hara tanah, pengukuran EC

Diterima: 06 April 2015; Disetujui: 27 Juli 2015

Pendahuluan

Aplikasi sistem pertanian presisi dalam kegiatan produksi pertanian bertujuan untuk mendapatkan

hasil yang optimum dan mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan sehingga terwujud kegiatan pertanian yang berkelanjutan. Sistem pertanian presisi memanfaatkan informasi dan

teknologi untuk mengidentifikasi dan menganalisa keragaman spasial dan temporal pada lahan pertanian. Kecepatan dan ketepatan pengambilan informasi menjadi poin penting dalam aplikasi sistem pertanian. Salah satu metode yang berkembang dalam sistem pertanian presisi untuk mengambil informasi kondisi lahan adalah melalui pengukuran nilai soil electrical conductivity atau daya hantar listrik tanah (EC). Daya hantar listrik tanah adalah kemampuan tanah untuk menghantarkan arus listrik. Daya hantar listrik tanah terjadi karena eksistensi kandungan garam bebas yang terdapat pada kadar air tanah dan kandungan ion dapat ditukar yang terdapat pada permukaan partikel padat tanah (Rhoades *et al.* 1999). Pengukuran EC tanah untuk pendugaan kondisi tanah memiliki beberapa kelebihan antara lain kemudahan operasional, biaya operasional rendah, dan lebih cepat dibandingkan dengan metode pengukuran tanah lainnya (Farahani *et al.* 2005).

Nilai EC tanah memiliki korelasi dengan kadar hara Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Namun seringkali tingkat korelasi dan hubungan nilai EC tanah memiliki tingkat variasi yang besar sehingga sulit untuk melakukan interpretasi hasil pengukuran dengan tepat. Corwind dan Lesch (2003) menyatakan bahwa sifat kehandalan dari pemetaan spasial nilai EC tanah telah diketahui dan dipahami secara luas, namun interpretasi kondisi tanah melalui pengukuran EC tanah masih sering salah dipahami dan diartikan. Tantangan terbesar dalam mengaplikasikan pengukuran EC untuk memprediksi kondisi suatu lahan bukan pada teknik pemetaan nilai EC nya, melainkan pada pemahaman yang mendalam terhadap tingkat variabilitas spasial dan temporal dari nilai EC itu sendiri dan pemahaman yang mendalam terhadap interaksi yang kompleks antara berbagai parameter sifat tanah dengan nilai EC tanah.

Eigenberg *et al.* (2002) telah meneliti bahwa nilai EC memiliki korelasi terhadap kadar N-tersedia tanah dengan koefisien korelasi (r) bervariasi antara 0.48 hingga 0.86 dan memiliki korelasi terhadap kadar P dengan koefisien korelasi bervariasi antara -0.23 hingga 0.6 pada berbagai kondisi tanah. Tarr *et al.* (2003) juga telah meneliti bahwa nilai EC tanah dan kadar Kalium (K) memiliki korelasi yang cukup kuat dengan nilai koefisien korelasi lebih dari 0.5 dan nilai EC tanah memiliki korelasi yang lemah terhadap kadar fosfor (P) dengan nilai koefisien korelasi kurang dari 0.1. Tingkat korelasi nilai EC dengan kadar N, P, dan K memiliki nilai yang bervariasi disebabkan karena adanya variabel lain yang mempengaruhi nilai EC dalam tanah. Variabel yang memiliki variasi tinggi dan mempengaruhi nilai EC untuk pendugaan kondisi tanah antara lain adalah tingkat kadar air tanah dan tingkat kepadatan tanah. Variasi tingkat kadar air dan kepadatan tanah pada suatu lahan dapat disebabkan karena perbedaan topografi, vegetasi,

dan pengolahan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lebih dalam interaksi variabel rasio kadar hara, rasio kadar air, dan kepadatan tanah dalam mempengaruhi hasil pengukuran nilai EC.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret hingga September 2014. Pengukuran EC pada penelitian ini dilakukan pada berbagai variasi sampel tanah yang telah diberi perlakuan pemupukan, pemberian air, dan kepadatan tanah. Sampel tanah diambil di lahan laboratorium lapangan Siswadhi Supardjo IPB dan analisa kadar air dan kadar hara pada sampel tanah dan pupuk dilakukan di Laboratorium Tanah, Departemen Ilmu tanah dan Sumber Daya Lahan IPB.

Bahan

Sampel tanah dikeringkan dan diayak hingga memiliki kadar air dan tekstur yang seragam. Sampel tanah yang telah dikeringkan lalu diberi perlakuan dengan berbagai variasi dan kombinasi perlakuan penambahan air dan pemupukan. Perlakuan pemupukan meliputi pemupukan urea, KCl, dan SP36 dengan rasio pemupukan sebesar 0.1%, 0.2%, 0.4%, 1%, 2%, 4%, 6%, dan 10%. Perlakuan penambahan air berupa penambahan air aquades pada sampel tanah hingga mencapai kadar air perlakuan sebesar 3.6%, 8.6%, 18.6%, 33.6%, 48.6%, dan 63.6%. Perlakuan penambahan air dan pemupukan pada sampel tanah kering tersebut dikombinasikan sehingga terdapat 148 sampel tanah dengan berbagai variasi tingkat kadar air dan pemupukan yang siap diukur nilai EC nya.

Metode Pengukuran EC

Pengukuran EC tanah dilakukan pada selang waktu tiga hari setelah perlakuan pemupukan dan pemberian air. Pengukuran EC tanah dilakukan dengan menggunakan metode kotak ukur resistivitas tanah. Metode kotak ukur resistivitas tanah telah banyak digunakan untuk mengukur nilai daya hantar listrik tanah ataupun resistivitas listrik tanah seperti dilakukan oleh Abidin *et al.* (2013) yang meneliti hubungan kadar air tanah dengan nilai resistivitas listrik tanah. Metode kotak ukur resistivitas tanah juga digunakan untuk mengukur daya hantar listrik tanah dalam analisa karakteristik korosi logam dalam tanah (Ahmad, 2006). Selain itu metode kotak ukur resistivitas ini dapat diaplikasikan menggunakan arus listrik DC dari baterai secara langsung yang dihubungkan dengan volt meter dan ampere meter (McMiller, 2012). Pada penelitian ini, hasil pengukuran nilai EC menggunakan metode kotak ukur resistivitas ini telah dibandingkan sebelumnya dengan hasil pengukuran EC menggunakan instrumen soil EC tester HI98331 Hanna Instrumen pada rentang nilai

EC dari 0 S/m hingga 0.4 S/m dan menunjukkan nilai EC yang sama dengan koefisien korelasi (r) mencapai 0.96.

Kotak ukur resistivitas tanah pada penelitian ini terbuat dari bahan flexiglass dengan ketebalan 5 mm. Arus listrik dialirkan melalui plat elektroda yang terbuat dari plat baja stainless. Tegangan listrik diukur menggunakan volt meter yang dihubungkan pada pin probe yang terbuat dari batang kuningan dengan diameter 5 mm. Jarak antar pin probe ditentukan sebesar 12 cm, jarak antar plat elektroda sebesar 22 cm, dan luas plat elektroda sebesar 12 cm².

Kotak ukur yang telah terisi oleh sampel tanah yang akan diukur dihubungkan pada catu daya aki dengan spesifikasi tegangan listrik 12 V dan kapasitas 3,5 AH. Ampere meter disusun seri dengan catu daya dan dua plat elektroda untuk pembacaan arus listrik masuk seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Besarnya nilai EC dihitung dengan persamaan (1) :

$$EC = \frac{L}{A} \times \frac{1}{V} \quad (1)$$

dimana L adalah jarak antar pin probe (m), A adalah luas plat elektroda (m²), I adalah arus listrik yang terbaca pada ampere meter (A), V adalah tegangan yang terbaca pada volt meter (V), dan EC adalah daya hantar listrik tanah (A/Vm atau S/m).

Perhitungan Kadar Air dan Kadar Hara Potensial Setelah Perlakuan

Kadar air dan kadar hara sampel tanah dianalisa di laboratorium tanah. Hasil analisa tersebut digunakan untuk menghitung rasio kadar air dan rasio kadar hara potensial setelah diberi perlakuan pemberian air aquades dan pemupukan. Sampel tanah yang telah diberi perlakuan penambahan air dapat dihitung rasio kadar air akhir dengan persamaan (2):

$$RKA = \frac{BA}{BT} \times 100\% \quad (2)$$

dimana RKA adalah rasio kadar air basis kering sampel tanah setelah perlakuan (%), BA adalah berat air aquades yang ditambahkan (g), dan BT adalah berat sampel tanah kering, termasuk sampel tanah yang telah diberi perlakuan pemupukan (g).

Rasio kadar hara potensial (RKH) Nitrogen (N), Phospor (P), atau Kalium (K) sampel tanah yang telah diberi perlakuan dapat dihitung dengan persamaan (3):

$$RKH = \frac{(BP \times KHP) + (BTk \times KHT)}{(BP + BTk)} \times 100\% \quad (3)$$

dimana RKH adalah rasio kadar hara tanah potensial N, P, atau K setelah perlakuan pemupukan (%), BP adalah berat pupuk yang ditambahkan (g), BTk adalah berat tanah kering sebelum diberi perlakuan pemupukan (g), KHP adalah kadar hara total

pupuk (%), KHT adalah kadar hara total tanah (%). Perhitungan RKH hanya dilakukan pada satu jenis kadar hara saja. Sedangkan berat tanah kering tanpa perlakuan pemupukan (BTk) dihitung dari persamaan (4):

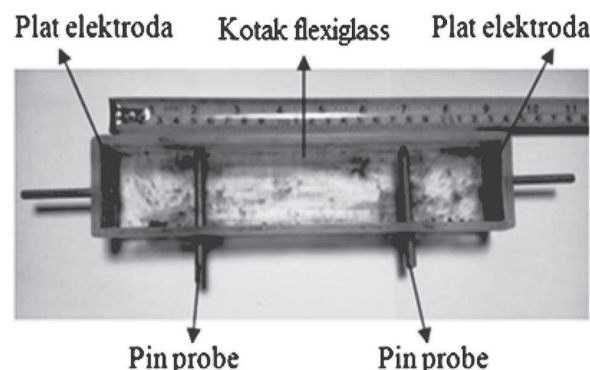
$$BTk = BTb \times (1 - KA) \quad (4)$$

dimana KA adalah kadar air awal sampel tanah (g/g) dan BTb adalah berat tanah awal (g). Besarnya nilai KHP, KHT, dan KA didapatkan dari hasil uji laboratorium.

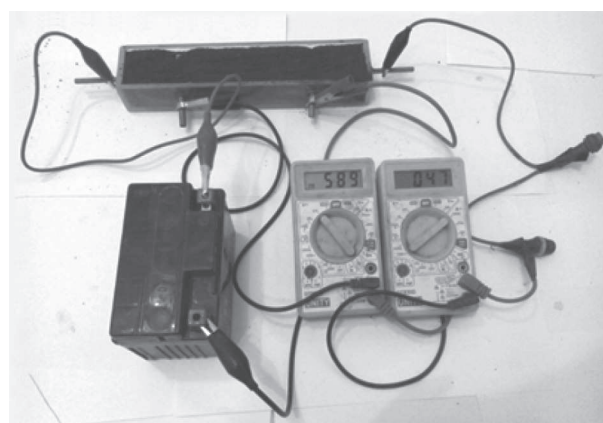
Rasio kadar hara tanah potensial (RKH) hasil perhitungan menggunakan persamaan (3) bukanlah rasio kadar hara dalam bentuk ion-ion yang siap diserap tanaman, melainkan rasio kadar hara potensial dalam bentuk senyawa bukan ion yang berasal dari pemupukan. Densitas tanah dalam kotak ukur resistivitas juga diukur pada setiap pengukuran EC menggunakan persamaan (5):

$$D = \frac{BT + BA}{VTb} \quad (5)$$

dimana D adalah densitas tanah dalam kotak ukur (g/cm³), BT adalah berat sampel tanah kering yang telah diberi perlakuan pemupukan (g), BA adalah berat air yang ditambahkan dalam perlakuan (g), dan VTb adalah volume tanah dalam kotak ukur (cm³).



Gambar 1. Kotak ukur resistivitas tanah.



Gambar 2. Susunan pengukuran EC menggunakan kotak ukur resistivitas.

Tabel 1. Kadar hara N, P, dan K pada sampel tanah dan pupuk.

Jenis sampel	Uji Kadar hara (%)				
	N-Total	P-Total	P-Tersedia	K-Total	K-Tersedia
Sampel tanah kering	0.14	0.01952	0.0013	0.24938	0.00345
Pupuk Urea	39.36	-	-	-	-
Pupuk KCl	-	-	-	49.74	-
Pupuk SP36	-	11.99	-	-	-

Tabel 2. Deskripsi data hasil pengukuran EC, densitas (D), rasio kadar air (RKA), rasio kadar hara Nitrogen (N), rasio kadar hara Phospor (P), dan rasio kadar hara Kalium (K).

Variabel	D	RKA	N	P	K	E
Statistik	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(S/m)
Rata-rata	1.21	28.56	0.55	0.14	0.70	0.52
Minimum	0.83	3.35	0.13	0.018	0.23	0
Maksimum	1.71	66	4.2	1.26	5.37	7.1
Standar deviasi	0.22	19.86	0.99	0.3	1.16	1.12
Median	1.13	19.29	0.14	0.02	0.25	0.02
Rasio Skewness	2.20	2.43	21.9	19.67	23.83	23.54
Rasio Kurtosis	-5.65	-4.86	29.26	23.11	34.62	37.38

Analisis Data

Data yang didapatkan pada setiap pengukuran meliputi nilai EC, kadar air, kadar pemupukan, dan densitas tanah. Data kadar pemupukan dikonversi menjadi data rasio kadar hara potensial N, P, atau K menggunakan persamaan (3). Data tersebut digunakan sebagai variabel untuk menyusun model persamaan regresi pendugaan rasio kadar hara tanah potensial melalui pengukuran EC.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Laboratorium Sampel Tanah dan Pupuk

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tekstur liat dengan kandungan liat 68.33%, kandungan pasir 10.1%, kandungan debu 21.57%, dan kadar air awal 3.6%. Sedangkan hasil uji kadar hara awal sampel tanah dan pupuk yang digunakan untuk menghitung rasio kadar hara potensial N, P, dan K setelah perlakuan pemupukan disajikan dalam Tabel 1.

Pengukuran EC tanah dilakukan pada kondisi kepadatan tanah tinggi dan kepadatan tanah rendah. Kondisi kepadatan tanah tinggi adalah kondisi dimana sampel tanah dalam kotak ukur resistivitas dipadatkan hingga kepadatan tanah maksimal sedangkan kondisi kepadatan tanah rendah merupakan kondisi dimana sampel tanah tanpa dilakukan pemadatan dalam kotak ukur resistivitas tanah. Data hasil pengamatan meliputi nilai EC tanah, densitas tanah (D), rasio kadar air (RKA), rasio kadar hara potensial Nitrogen (N), Phospor (P), dan Kalium (K).

Asumsi yang digunakan dalam mengkonversi data pemupukan menjadi data rasio kadar hara tanah

potensial (RKH) adalah bila terdapat penambahan satu jenis pupuk maka yang bertambah adalah jumlah kadar hara spesifik pupuk tersebut saja sedangkan jumlah kadar hara yang lain tetap. Penambahan pupuk urea akan meningkatkan rasio kadar hara potensial N, sedangkan rasio kadar hara P dan K tetap. Penambahan pupuk SP36 akan meningkatkan rasio kadar hara potensial P, sedangkan kadar hara N dan K tetap. Begitu juga dengan penambahan pupuk KCl akan meningkatkan rasio kadar hara potensial K sedangkan rasio kadar hara potensial P dan N tetap. Deskripsi data statistik hasil pengukuran ditampilkan dalam Tabel 2.

Nilai rasio skewness dapat menunjukkan tingkat ketidaksimetrisan sebaran data terhadap nilai rata-ratanya dan nilai rasio kurtosis dapat menunjukkan tingkat kerataan (*flatness*) suatu distribusi data terhadap distribusi normal. Satu set data yang memiliki sebaran data yang terdistribusi normal jika memiliki rasio skewness dan kurtosis antara -2 hingga 2 (Triton, 2005). Maka berdasarkan rasio skewness dan kurtosis yang ditampilkan pada Tabel 2 terdapat indikasi bahwa data hasil pengukuran yang didapatkan tidak terdistribusi normal sehingga perlu dilakukan transformasi variabel dalam penyusunan persamaan regresi dalam penelitian ini agar dapat memenuhi syarat asumsi klasik regresi.

Pengaruh Pemupukan, Kadar Air, dan Kepadatan Tanah Terhadap Nilai EC

Nilai EC semua sampel tanah pada penelitian ini dapat terukur seluruhnya pada tingkat perlakuan kadar air 8.6% dan mulai menunjukkan pola kenaikan nilai EC yang signifikan pada perlakuan kadar air 18.6%. Nilai EC tanah cenderung memiliki pola kenaikan positif pada kisaran kadar kadar air

Tabel 3. Nilai EC rata-rata pada kepadatan tinggi dan kepadatan rendah.

Jenis pemupukan	Nilai EC rata-rata (S/m)					
	Kadar air (%)					
	3.6%	8.6%	18.6%	33.6%	48.6%	63.6%
Kepadatan tanah tinggi						
Urea	0.0001	0.0004	0.035	0.841	1.375	1.257
KCl	0.0002	0.0017	1.052	2.276	1.837	1.771
SP36	0	0.0002	0.001	0.061	0.121	0.142
Kepadatan tanah rendah						
Urea	0.0001	0.0002	0.005	0.466	1.354	1.113
KCl	0.0001	0.0011	0.077	0.737	1.653	-
SP36	0	0.0001	0	0.031	0.112	0.152

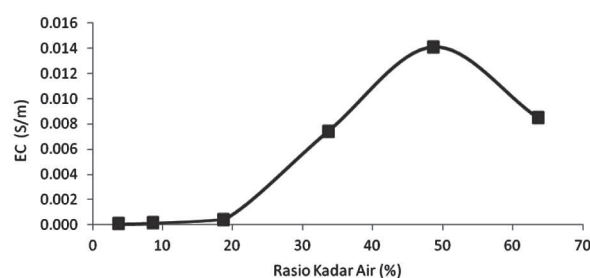
di bawah 50% dan memiliki kecenderungan pola penurunan nilai EC pada kisaran kadar air tanah di atas 50% seperti disajikan oleh grafik pada Gambar 3. Pola perubahan nilai EC terhadap kadar air tersebut dapat ditemui pada semua sampel tanah dengan perlakuan pemupukan ataupun sampel tanah tanpa pemupukan. Kadar air dalam tanah akan membantu kadar hara potensial untuk larut dan terhidrolisis sehingga dapat membentuk ion dan kation dalam tanah. Namun saat kandungan air dalam tanah sudah terlalu jenuh maka pengukuran EC tanah lebih didominasi oleh nilai daya hantar listrik yang diakibatkan kandungan air jenuh daripada nilai daya hantar listrik akibat kandungan ion hara yang telah terhidrolisis.

Pola hubungan nilai EC dan kadar air dalam penelitian ini serupa seperti pola yang didapatkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Rogero *et al.* (2013) dimana nilai EC tanah dengan tekstur *loam* memiliki nilai EC tertinggi berada pada kadar air perlakuan 48.9% dan nilai nya cenderung turun kembali pada perlakuan kadar air yang lebih besar dari 48.9%.

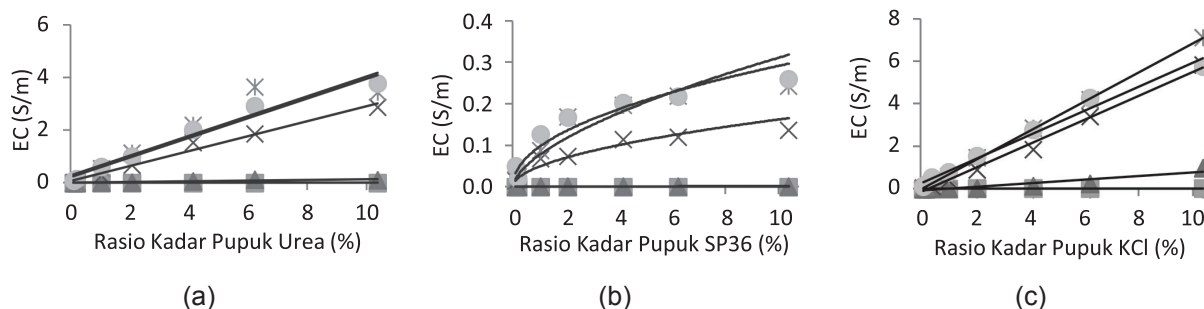
Tingkat pemupukan berkorelasi positif terhadap nilai EC seperti ditunjukkan pada grafik di Gambar 4. Kenaikan nilai EC karena pengaruh pemupukan urea dan KCl cenderung menunjukkan pola regresi linier sedangkan kenaikan nilai EC karena pengaruh pemupukan SP36 cenderung menunjukkan pola regresi log linier. Hubungan respon nilai EC terhadap jenis pemupukan dari yang terkuat hingga

terlemah berturut-turut terjadi pada sampel tanah dengan pemupukan KCl, urea, dan SP36.

Kenaikan nilai EC dipengaruhi oleh jumlah ion yang terkandung dalam tanah namun nilai EC tidak dapat menentukan jenis ion yang dominan dalam sampel tanah. Respon kenaikan nilai EC mempunyai korelasi dengan karakteristik dan kemampuan pupuk untuk terionisasi dalam tanah. Pupuk KCl merupakan senyawa yang memiliki tingkat ionisasi sempurna sehingga sampel tanah dengan pemupukan KCl memiliki respon kenaikan nilai EC yang paling tinggi dibandingkan sampel tanah dengan jenis pemupukan lainnya. Pupuk urea memiliki sifat higroskopis dan dapat terurai menjadi senyawa ion dengan tingkat ionisasi tinggi namun memiliki tahapan reaksi yang lebih panjang dibanding pupuk KCl. Oleh karena itu respon kenaikan nilai EC terhadap rasio pemupukan urea



Gambar 3. Pola kenaikan nilai EC tanah pada tiap perlakuan kadar air pada sampel tanah tanpa pemupukan.



Gambar 4. Nilai EC pada tiap rasio kadar air dan pada tiap perlakuan pemupukan dengan pupuk (a) urea, (b) SP36, dan (c) KC

Tabel 4. Korelasi parsial antara nilai EC, kadar air (RKA), dan rasio kadar hara potensial (N), (P), dan (K).

Para-meter	Koefisien Korelasi (r)									
	Kepadatan tanah tinggi					Kepadatan tanah rendah				
	EC a	KA	N	P	K	EC a	KA	N	P	K
Sampel tanah dengan pemupukan urea										
ECa	1.00	0.63	0.71	-	-	1.00	0.68	0.62	-	-
KA	0.63	1.00	-0.43	-	-	0.68	1.00	-0.42	-	-
N	0.71	-0.43	1.00	-	-	0.62	-0.42	1.00	-	-
Sampel tanah dengan pemupukan SP36										
ECa	1.00	0.78	-	0.64	-	1.00	0.79	-	0.53	-
KA	0.78	1.00	-	-0.48	-	0.79	1.00	-	-0.40	-
P	0.64	-0.48	-	1.00	-	0.53	-0.40	-	1.00	-
Sampel tanah dengan pemupukan KCl										
ECa	1.00	0.57	-	-	0.76	1.00	0.59	-	-	0.67
KA	0.57	1.00	-	-	-0.43	0.59	1.00	-	-	-0.40
K	0.76	-0.43	-	-	1.00	0.67	-0.40	-	-	1.00

terhadap juga cukup tinggi. Pupuk SP36 memiliki respon perubahan nilai EC yang paling rendah karena karakteristik pupuk SP36 sulit larut dalam air dan ion orthophospat yang terhidrolisis dari pupuk SP36 memiliki tingkat ionisasi rendah.

Sampel tanah dengan kepadatan tanah tinggi memiliki nilai EC lebih tinggi daripada nilai EC pada sampel tanah dengan kepadatan tanah rendah seperti disajikan pada data dalam Tabel 3. Perbedaan nilai EC antara kepadatan tanah tinggi dan kepadatan tanah rendah paling besar terdapat pada sampel tanah dengan perlakuan kadar air 33.6%. Semakin tinggi kepadatan tanah maka luas volume udara semakin kecil dan luas kontak antara partikel padat dan kandungan air menjadi semakin besar. Hal tersebut menyebabkan luas permukaan kontak yang menjadi lintasan arus listrik juga semakin luas sehingga nilai EC juga semakin meningkat. Namun pada saat kondisi tanah mulai jenuh air maka pengaruh kepadatan tanah terhadap kadar air kembali berkurang. Pada saat kondisi tanah mulai jenuh dan pori-pori makro tanah sudah terisi penuh oleh air maka nilai EC pada saat itu lebih dipengaruhi oleh ion-ion yang terkandung dalam kadar air tanah dibanding faktor kepadatan tanah (Seladji *et al* 2010).

Pendugaan Rasio Kadar Hara Potensial Tanah Melalui Pengukuran EC

Rasio kadar hara potensial N, P, dan K memiliki korelasi positif terhadap pengukuran nilai EC tanah. Hal tersebut disebabkan karena penambahan jumlah rasio kadar hara potensial akan meningkatkan jumlah kadar hara yang terionisasi sehingga dapat meningkatkan nilai EC tanah. Sedangkan tingkat rasio kadar air (RKA) memiliki korelasi negatif dengan rasio kadar hara potensial tanah. Hal tersebut disebabkan semakin besar rasio kadar air maka akan meningkatkan jumlah kadar hara potensial yang terionisasi dalam tanah. Semakin besar jumlah kadar hara potensial dalam tanah

yang terionisasi juga menyebabkan rasio kadar hara potensial tanah tersebut berkurang. Tingkat korelasi setiap variabel penyusun persamaan regresi disajikan secara lengkap pada Tabel 4.

Metode persamaan regresi linier berganda digunakan untuk menyusun persamaan pendugaan kadar hara tanah. Bentuk persamaan regresi terbaik didapatkan dengan mentransformasi variabel nilai daya hantar listrik tanah (EC), rasio kadar air (RKA), rasio kadar hara potensial Nitrogen (N), Phospor (P), dan Kalium (K) dalam bentuk logaritma natural. Variabel RKA dan EC digunakan sebagai variabel bebas dalam persamaan regresi untuk pendugaan setiap rasio kadar hara potensial N, P, atau K. Untuk mengetahui pengaruh faktor kepadatan tanah maka penyusunan persamaan regresi pendugaan kadar hara dilakukan pada dua jenis kepadatan tanah, yaitu kepadatan tanah tinggi dan kepadatan tanah rendah. Hasil penyusunan persamaan regresi pada tingkat kepadatan tanah tinggi disajikan pada Tabel 5 sedangkan persamaan regresi pada tingkat kepadatan tanah rendah disajikan pada Tabel 6.

Persamaan regresi disusun pada dua tingkat kadar air yaitu pada kadar air rendah dan kadar air tinggi. Kategori kadar air rendah meliputi sampel tanah dengan perlakuan kadar air kurang dari 20% dan kadar air tinggi meliputi sampel tanah dengan perlakuan kadar air kurang dari 20%. Pembagian dua kategori kadar air ini berdasarkan kecenderungan sebaran data nilai pengukuran EC tanah yang memiliki nilai variasi yang baik pada batas perlakuan kadar air tersebut. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan dari persamaan regresi lebih besar nilainya pada kondisi kadar air tinggi daripada kondisi kadar air rendah. Pendugaan persamaan regresi pendugaan rasio kadar hara potensial Kalium (K) memiliki koefisien determinasi (R^2) yang lebih besar dibandingkan persamaan regresi kadar hara potensial yang lain. Pada model persamaan regresi rasio kadar hara potensial Phospor (P) pada tingkat kadar air rendah, variabel

Tabel 5. Persamaan regresi pendugaan rasio kadar hara pada rasio kepadatan tanah tinggi.

	Persamaan regresi	R ²
Kadar air rendah	$\text{Ln N} = 7.682 + 0.57 \text{ Ln EC} - 1.729 \text{ Ln RKA}$	0.6
	$\text{Ln P} = 0.24 \text{ Ln EC}$	0.63
	$\text{Ln K} = 6.066 + 0.459 \text{ Ln EC} - 1.334 \text{ Ln RKA}$	0.85
Kadar air tinggi Ln	$\text{Ln N} = 2.413 + 0.554 \text{ Ln EC} - 0.533 \text{ Ln RKA}$	0.92
	$\text{P} = 9.037 + 1.276 \text{ Ln EC} - 1.881 \text{ Ln RKA}$	0.88
	$\text{Ln K} = 2.968 + 0.475 \text{ Ln EC} - 0.602 \text{ Ln RKA}$	0.9

Tabel 6. Persamaan regresi pendugaan rasio kadar hara pada rasio kepadatan tanah rendah.

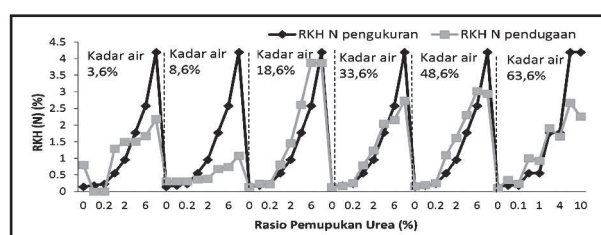
	Persamaan regresi	R ²
Kadar air rendah	$\text{Ln N} = 9.622 + 0.746 \text{ Ln EC} - 1.684 \text{ Ln RKA}$	0.66
	$\text{Ln P} = 0.204 \text{ Ln EC}$	0.61
	$\text{Ln K} = 6.191 + 0.411 \text{ Ln EC} - 1.355 \text{ Ln RKA}$	0.89
Kadar air tinggi Ln	$\text{Ln N} = 5.339 + 0.612 \text{ Ln EC} - 1.254 \text{ Ln RKA}$	0.87
	$\text{P} = 15.014 + 1.305 \text{ Ln EC} - 3.332 \text{ Ln RKA}$	0.81
	$\text{Ln K} = 7.287 + 0.504 \text{ Ln EC} - 1.778 \text{ Ln RKA}$	0.95

*Nilai EC dan nilai KA harus lebih besar dari nol.

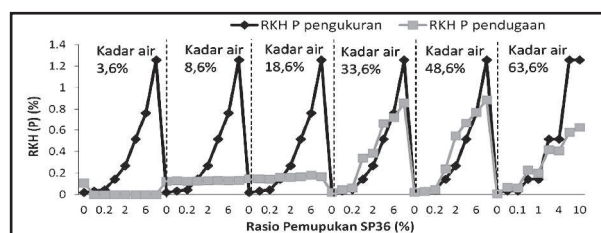
rasio kadar air (RKA) tidak signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena tingkat kelarutan pupuk SP36 yang sangat rendah pada tingkat kadar air rendah.

Hubungan koefisien regresi setiap variabel kadar air (RKA) dan nilai daya hantar listrik tanah (EC) sesuai dengan hubungan korelasinya dimana variabel RKA memiliki hubungan negatif dan variabel EC memiliki hubungan positif terhadap rasio kadar hara potensial tanah N, P, dan K. Setiap penambahan air akan memicu kadar hara potensial tanah untuk terionisasi dan meningkatkan nilai EC. Semakin banyak kadar hara potensial tanah yang terionisasi maka akan semakin mengurangi besar rasio kadar hara potensial tanah. Perbandingan rasio kadar hara potensial tanah (RKH) hasil pengukuran dan hasil pendugaan dengan model regresi pada tingkat kepadatan tinggi dan rendah disajikan pada grafik Gambar 5 dan 6.

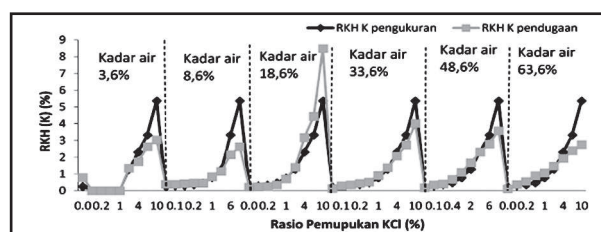
Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dan 6 dapat diamati bahwa meskipun koefisien determinasi (R²) persamaan regresi pendugaan kadar hara potensial Phospor (P) memiliki nilai yang cukup tinggi pada tingkat kadar air rendah, namun pola kenaikan RKH (P) pendugaan dari model persamaan regresi tidak responsif terhadap perlakuan pemupukan pada kadar air rendah. Nilai koefisien determinasi yang tinggi tersebut diakibatkan oleh nilai residual regresi yang rendah namun pada kenyataannya variabel nilai EC belum dapat merepresentasikan rasio kadar hara potensial Phospor (P) dalam tanah pada kadar air rendah. Hal ini dapat disebabkan karena tingkat kelarutan pupuk SP36 dalam tanah sangat rendah sehingga nilai pengukuran EC-nya juga rendah pada tingkat kadar air rendah. Namun variabel KA dan variabel EC sudah cukup baik untuk merepresentasikan rasio kadar hara potensial Nitrogen (N) dan Kalium (K) dalam tanah seperti ditunjukkan pada grafik dalam Gambar 5 dan Gambar 6.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Rasio kadar hara potensial (RKH) hasil pengukuran (—●—) dan RKH hasil pendugaan dengan model persamaan regresi (—■—) pada sampel tanah dengan pemupukan (a) urea, (b) SP36, dan (c) KCl pada tingkat kepadatan tanah tinggi.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Pengukuran EC terbukti dapat memberikan gambaran kondisi kadar hara dan kadar air tanah. Pengukuran EC paling ideal dilakukan pada kisaran kadar air 50% dimana hasil pengukuran EC menunjukkan nilai paling tinggi pada semua jenis perlakuan sampel tanah. Variabel rasio kadar hara potensial Nitrogen (N), Phospor (P), atau Kalium (K) memiliki korelasi negatif dengan nilai EC sedangkan variabel kadar air memiliki korelasi positif dengan nilai EC. Model persamaan regresi pendugaan kadar hara potensial (N), (P), atau (K) yang disusun pada tingkat kadar air tinggi atau pada kadar air di atas 20% memiliki koefisien determinasi yang lebih baik daripada model persamaan regresi pada tingkat kadar air rendah. Kepadatan tanah juga berpengaruh terhadap hasil pengukuran EC tanah dimana pada tingkat kepadatan tanah tinggi hasil pengukuran EC memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada tingkat kepadatan tanah rendah pada tiap perlakuan pemupukan dan variasi kadar air.

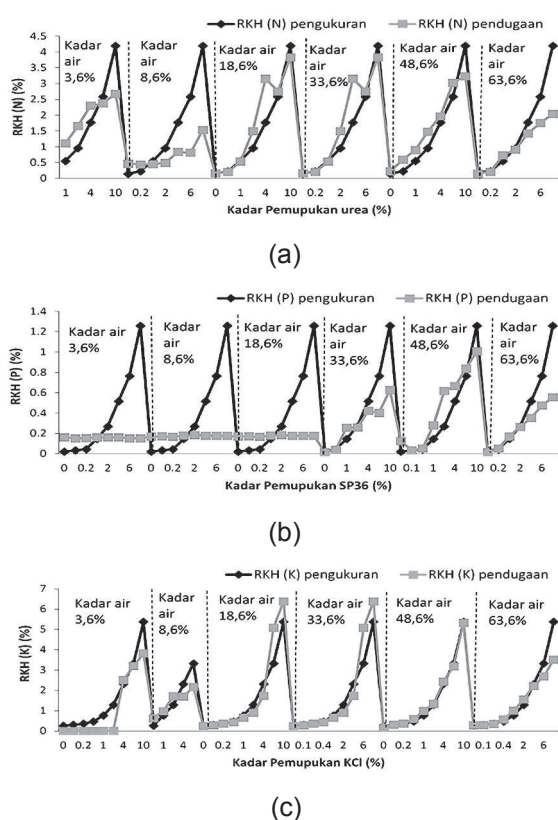
Saran

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui interaksi EC pada kisaran kadar air kapasitas lapang dan pada kisaran kadar air jenuh

tanah secara lebih detail agar dapat diketahui karakteristik perubahan nilai EC yang pada tanah dengan kondisi sangat kering, lembab, basah, dan jenuh secara lebih spesifik.

Daftar Pustaka

- Abidin, Mohd. H.Z, Wijeyesekera, D.C., Ahmad, Fauziah, Saad, Rosli, Baharuddin, Mohd. F.T. 2013. Correlation of soil resistivity test on a different moisture content and density for silt sand and gravely sand. *Information Engineering Letters*. 3(2): 1-10. doi:10.5729/iel.vol3.issue2.1.Ahm
- Ahmad, Zaki. 2006. *Principles of corrosion engineering and corrosion control*. Oxford (UK): Butterworth-Heinemann
- Corwind, D.L. dan Lesch, S.M. 2003. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. *Agronomy Journal of USDA*. Vol. 95(3): 455-471.
- Eigenberg, R.A., Doran J.W., Nienaber J.A., Ferguson R.B., Woodbury B.L. 2002. Electrical conductivity monitoring of soil condition and available N with animal manure and a cover crop. *Agriculture Ecosystems and Environment*. Vol. 88: 183-93.
- Farahani, H.J., Buchleiter, G.W., Brodahl, M.K. 2005. Characteristic of apparent soil electrical conductivity variability in irrigated sandy and non saline field in Colorado. *American Society of Agricultural Engineers*. Vol. 48(1): 155-168.
- Mcmiller. 2012. Soil box instruction: Manual operation soil box Mcmiller. Man230[Internet]. [diunduh 2014 maret 15]. Tersedia pada: <http://www.mcmiller.com/pdf/manuals/soil/%28MAN230%29%20Soil%20Box%20Instructions%20%289.12.2012%29.pdf>
- Rhoades, J.D., Chanduvi, F., dan Lesch, S. 1999. *Soil Salinity Assesment: Method and Interpretation of Electrical Conductivity Measurement*. Roma (IT): FAO United Nations.
- Rogero, O.M., Basa, Christian A.C., Emerito, R., Otadoy, dan Violanda, R. 2013. Investigation of the effect of water content on the bulk soil electrical conductivity (EC) of loam using wenner array method. *APJSME*. Vol. 1(1): 12-14.
- Seladji, S., Cosenza, P., Tabbagh, A., Ranger, J., dan Richard, G. 2010. The effect of compaction on soil electrical resistivity: a laboratory investigation. *European Journal of Soil Science*. Vol.61:1-13. doi: 10.1111/j.1365-2389.2010.01309.x.
- Tarr, A.B., Moore, K.J., Dixon, P.M., Burras, C.L., dan Wiedenhof, M.H. 2003. Use of soil electroconductivity in a multistage soil-sampling scheme. *Crop Management*. doi:10.1094/CM-2003-1029-01-RS.
- Triton P.B. 2005. *SPSS 13: Riset Statistitik Parametrik*. Yogyakarta (ID): Penerbit Andi



Gambar 6. Rasio kadar hara potensial (RKH) hasil pengukuran (—◆—) dan RKH hasil pendugaan dengan model persamaan regresi (—■—) pada sampel tanah dengan pemupukan (a) urea, (b) SP36, dan (c) KCl pada tingkat kepadatan tanah tinggi.